



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA**  
**BARCELONATECH**

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa



## **GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**

### **TRABAJO FINAL DE GRADO**

---

# **ESTUDIO DE LA ESTEREOPSIS EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DEL CAR DE SANT CUGAT DEL VALLÈS**

**MARÍA RAMÍREZ RODRÍGUEZ**

**LLUÏSA QUEVEDO JUNYENT**  
**DEPARTAMENT D'ÒPTICA I OPTOMETRIA**

**FECHA DE LECTURA**

**19 de junio 2017**

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2017. Todos los derechos reservados



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

La Sra. Lluïsa Quevedo Junyent como tutora y directora del trabajo,

CERTIFICA

Que la Sra. María Ramírez Rodríguez ha realizado bajo su supervisión el trabajo "*Estudio de la estereopsis en deportistas de élite del CAR de Sant Cugat del Vallès*" que se recoge en esta memoria para optar al título de grado en Óptica y Optometría.

Y para que conste, firmo/amos este certificado.

Sr/a Lluïsa Quevedo Junyent



Director/a del TFG

Terrassa, 19 de junio de 2017

Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa

© Universitat Politècnica de Catalunya, año 2017. Todos los derechos reservados



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ESTUDIO DE LA ESTEREOPSIS EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DEL CAR DE SANT CUGAT DEL VALLÈS

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar un análisis de la estereopsis en diferentes modalidades deportivas para la posterior comparación de dichos valores entre los deportistas de élite y con la población sedentaria.

**Método:** El estudio se ha realizado a una muestra de 69 jóvenes entre 9 y 29 años y una media de edad de 15,75 años, deportistas de élite de tres modalidades diferentes: tenis, natación y waterpolo. En primer lugar se hizo una pequeña anamnesis para obtener información de la visión de los jugadores. Después se evaluó la agudeza visual mediante un optotipo de letras en visión lejana. A continuación se realizó la prueba de estereopsis para obtener el máximo valor de estereoagudeza en segundos de arco con el test de Titmus-Wirt con la mejor corrección a una distancia próxima de 40 cm y con buena iluminación.

**Resultados:** Se obtuvo una media del valor de estereopsis de los 69 participantes en referencia a su modalidad deportiva, su edad y su agudeza visual. De la muestra global de deportistas obtuvimos una media de agudeza visual de 1,1 y un valor medio de 30,14" de arco de agudeza estereoscópica.

**Conclusiones:** No hemos encontrado diferencias estadísticamente significativas de los valores de estereopsis entre las diversas modalidades deportivas examinadas. Tampoco existen diferencias significativas de estereoagudeza entre los deportistas participantes en nuestro estudio y las personas sedentarias de otras investigaciones.



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ESTUDIO DE LA ESTEREOPSIS EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DEL CAR DE SANT CUGAT DEL VALLÈS

### RESUM

**Objectiu:** Realitzar una anàlisi de la estereopsis en diferents modalitats esportives per a la posterior comparació de dits valors entre els esportistes d'elit i amb la població sedentària.

**Mètode:** L'estudi s'ha realitzat a una mostra de 69 joves entre 9 i 29 anys i una mitjana d'edat de 15,75 anys, esportistes d'elit de tres modalitats diferents: tennis, natació i waterpolo. En primer lloc es va fer una petita anamnesi per obtenir informació de la visió dels jugadors. Després es va avaluar l'agudes visual mitjançant un optotip de lletres en visió llunyana. A continuació es va realitzar la prova de estereopsis per obtenir el màxim valor de estereoagudes en segons d'arc amb el test de Titmus-Wirt amb la millor correcció a una distància propera de 40 cm i amb bona il·luminació.

**Resultats:** Es va obtenir una mitjana del valor de estereopsis dels 69 participants en referència a la seva modalitat esportiva, la seva edat i la seva agudes visual. De la mostra global d'esportistes vam obtenir una mitjana d'agudes visual d'1,1 i un valor mitjà de 30,14" d'arc d'agudes estereoscòpica.

**Conclusions:** No hem trobat diferències estadísticament significatives dels valors de estereopsis entre les diverses modalitats esportives examinades. Tampoc existeixen diferències significatives de estereoagudes entre els esportistes participants en el nostre estudi i les persones sedentàries d'altres investigacions.



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ESTUDIO DE LA ESTEREOPSIS EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DEL CAR DE SANT CUGAT DEL VALLÈS

### ABSTRACT

**Objective:** To perform an analysis of the stereopsis in different sports modalities for the next comparison of said values between elite athletes and with the sedentary population.

**Method:** The study was carried out on a sample of 69 young people between 9 and 29 years old and a mean age of 15.75 years, elite athletes of three different modalities: tennis, swimming and waterpolo. In the first place a small anamnesis was made to obtain information of the players vision. Visual acuity was then evaluated using an optotype of letters in distant vision. The stereopsis test was then performed to obtain the maximum value of stereoacuity in seconds of arc with the Titmus-Wirt test with the best correction at a 40 cm of distance and with good illumination.

**Results:** A mean of the stereopsis value of the 69 participants was obtained in reference to their sport modality, their age and their visual acuity. From the global sample of athletes we obtained a mean visual acuity of 1.1 and an average value of 30.14 "of arc of stereoscopic acuity.

**Conclusions:** We did not find statistically significant differences in the stereopsis values among the various sports modalities examined. There are also no significant differences in stereoacuity between the athletes participating in our study and the sedentary people of other investigations.



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ESTUDIO DE LA ESTEREOPSIS EN DEPORTISTAS DE ÉLITE DEL CAR DE SANT CUGAT DEL VALLÈS

## EXTENSIVE SUMMARY

### INTRODUCTION

Vision is the main source of information for humans in any activity they carry out (Vila-Maldonado, García, Contreras, 2012).

In sport, most of the information that we receive is visual. This information is necessary to analyze the situation during the game: distances, movement of the balls, our environment, our opponents and after reaching our goal itself, whether to score a goal or make basket for example.

It is important that this visual information will be well perceived and for this is necessary that our visual system be in the best conditions.

Having good vision does not only mean having good visual acuity, it also means to take into account many other visual aspects, such as eye's coordination movements, visual field, stereoscopic acuity ...

Within the visual abilities we find the stereopsis as the highest degree of binocularity. To have stereoscopic vision, we must meet other requirements:

- First degree: simultaneous perception is the ability to perceive the stimulus that project to both eyes at the same time.
- Second degree: fusion is the integration of the two images (one in each retina)
- Third grade: stereopsis is the depth view.

Stereopsis is defined as the relative appreciation of depth due to retinal disparity (Camacho, Guerrero Vargas & Vecilla, 2010). It is a quality of the visual system that serves to view the images in three dimensions and this phenomenon is because people have their eyes in separated positions at a certain distance. This causes the images that we perceive of each eye to be slightly different and when



the brain mixes them, we see an image in depth. This is the maximum degree of binocular vision.

Stereopsis is measured in seconds of arc and as smaller is the value, better is the stereopsis. The values of normality are variable according to the test with which we measure the stereopsis and according to the age, but the most common are 40 seconds of arc.

Visual abilities are one of the main pillars of athletes' abilities and can influence their performance (Seyed et al, 2016). As we have said, in most sports there is a great involvement of the organ of vision. Athletes need to see everything that goes on around them, they need to receive the stimulus well to be able to execute good answers. They must have a good perception of their environment.

Depending on the sport modality the needs of vision can vary. In sports such as tennis, baseball and soccer or boxing, there is a high requirement of stereopsis, but in others such as swimming or athletics, other visual skills like good visual acuity are more important (Rodríguez, Gallego & Zarco, 2010).

Experienced athletes commit fewer errors in attention tasks during the game and have less reaction times to peripheral stimulus compared to people without sports experience (González & Casáis, 2011).

We have carried out a study to analyze the stereopsis in elite athletes of the CAR from Sant cugat del vallès.

## OBJECTIVES

Seeing the importance of stereopsis in sport, the objective of this work is to determine and compare this value between different sports modalities and also with the sedentary population, people who are not experts in the sport.

We also determined hypotheses according to the specialized literature that we consulted: we proposed to verify if the values of stereopsis in athletes would be better than in sedentary people and if sports disciplines with more needs of deep vision would have better stereopsis than the others.

## METHOD

### Participants

In our study of the stereopsis participated 69 elite athletes of a high performance center(CAR) from Sant Cugat del Vallès. These athletes belonged to three different sports: tennis, swimming and waterpolo.

Of the 69 participants, 36 were women (52.17%) and 33 were men (47.83%).

It participated 17 tennis players with a mean age of 15.8 years: 7 women (41,18%) and 10 men (58,82%); 24 swimmers with a mean age of 16.8 years: 14 women (58,33%) and 10 men (41,66%); and 28 waterpolo players with an average age of 14.8 years: 15 women (53,57%) and 13 men (46,43%).

## Material

As material we use the Titmus-Wirt stereopsis test, which is a test model that measures values between 3000 and 12.5 arc seconds.

This test is based on images that try to reproduce the binocular disparity by moving one of the images with respect to the other at a certain distance. They are seen with dissociated vision thanks to the polarized filters and each of them stimulates one of the retinas with a slight binocular disparity that will provoke the feeling of depth.

This test is composed of three stereograms: a fly, the circles of Wirt and animals' figures. It is placed at 40 cm and requires a polarized filters and good illumination. It is in the stereogram of Wirt circles where the maximum value of stereopsis is reached. In this part, the person has to choose which of the circles presented to him perceives it in depth.

## Process

In the first place, we did a small anamnesis to each participant where we asked different questions to obtain information about the state of each person and we noted age, sex, sport modality, refractive correction and the existence or not of symptoms.

Then the visual acuities of the 69 participants were taken with an optotype of letters in distant vision. The measure of visual acuity is a determining test of a person's visual state. Poor visual acuity can compromise binocular vision and consequently stereopsis.

Then we performed the stereopsis test. The patient must wear polarized glasses. The Titmus-Wirt test is presented in a near vision at a distance of 40 cm with good illumination.

The test consists in identifying in each one of the figures that are presented, which one of them is perceived in depth.

## RESULTS

We performed all the tests on the 69 participants aged between 9 and 29 years and obtained an average age of 15.75 years; a mean visual acuity of 1.1 and a mean stereopsis value of the overall sample of athletes of 30.14 "of arc.

Analyzing each sport results separately we obtained very similar results between the different modalities:

- In tennis players with a mean age of 15.8 years we obtained an average visual acuity of 1.17 and an average stereopsis of 34.2 "of arc.
- In swimmers with a mean age of 16.8 years we obtained a mean visual acuity of 1.08 and a mean stereopsis of 28.7 "of arc.
- In water players with a mean age of 14.8 years we obtained an average visual acuity of 1.1 and an average stereopsis of 28.9 "of arc.



After, we performed a one-factor analysis (sport) to compare the three groups of athletes with reference to AV and stereopsis. To examine the origin of the differences a posteriori contrast of Bonferroni is made.

In the case of visual acuity results we obtain a value  $F = 1.31$  and a value  $p = 0.2764$  that there are no statistically significant differences between sports.

For stereopsis results we obtain values of  $F = 0.36$  and  $p = 0.6965$  which indicate that there are neither statistically significant differences of stereopsis between sports.

Comparing the results of our study with other previous researches (Colomer, 2015, Palomino, 2014, Rodríguez, Gallego and Zarco, 2010; García, 2012 and Biddle, Hamid & Ali, 2014) we reach different conclusions.

Mainly we saw that in another studies of stereopsis, sedentary people have more or less the same results than in our investigation. One of them said that people who never was an expert player had a main value from stereoacuity of 31,6" of arc and elite athletes had 25,6" of arc.

We can see in our study that our players had stereopsis values more similar to sedentary people than the sport players.

Other study from high school people said that the main value of stereoacuity in people aged between 11 and 14 years was around 30" of arc.

When were taken the stereopsis measures to 66 surgeons were obtained minimum values like 20" of arc, but this is because the test that were used was Frisby test, where it possible to reach to higher values for stereopsis than another tests used in other studies.

## CONCLUSIONS

We did not find statistically significant differences of the stereopsis values between the modalities of tennis, swimming and waterpolo. We also did not find clinically significant differences between the stereopsis in the athletes who participated in our study and the sedentary people of other investigations consulted. We also conclude that sports whose players use a ball do not have better stereopsis than other players from other sports. This is the reason why we can reject one of our hypotheses where we said that the players from disciplines with higher requirement of depth vision will have better stereopsis.

We considerate that swimming is the sport modality between the three studied before that needs less depth vision but is in it where we obtain the best results of stereoacuity. This should be due to one of participates from this sport has the worst result in vision acuity and in stereopsis value with 160" of arc and it took down the mean of this value.



## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>3</b>
2.1. Estereopsis	3
2.2. Visión y deporte	7
2.3. Necesidades de estereopsis en el deporte	8
<b>3. Objetivos</b>	<b>9</b>
<b>4. Hipótesis</b>	<b>10</b>
<b>5. Método</b>	<b>11</b>
5.1. Participantes	11
5.2. Material	12
5.3. Procedimiento	13
5.4. Análisis de resultados	14
<b>6. Resultados</b>	<b>15</b>
<b>7. Discusión</b>	<b>20</b>
<b>8. Conclusiones</b>	<b>23</b>
<b>9. Referencias y bibliografía</b>	<b>24</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

La visión es la principal fuente informativa del ser humano en cualquier actividad que desempeñe (Vila-Maldonado, García, Contreras, 2012). En lo que se refiere al deporte, las habilidades visuales son uno de los factores más importantes. En cualquier actividad física que realicemos, la visión es fundamental a la hora de relacionarnos con nuestro entorno. De hecho, algunos autores atribuyen que el 80% de la información que necesitamos en el ámbito del deporte proviene de la visión (Buys & Ferreira, 2010)

A través de la visión, nuestros ojos se encuentran constantemente obteniendo información de nuestro entorno, analizándola y haciendo que nuestro organismo emita respuestas (Palmi, 2007). Por este motivo necesitamos que nuestras habilidades visuales se encuentren en buen estado. Y más importante es aún si practicamos un deporte, donde necesitamos estar muy atentos y captar toda la información necesaria para jugar.

Hablar de buena visión en el deporte no solo implica una buena agudeza visual, también hay que tener en cuenta otros aspectos visuales relacionados como la coordinación de movimientos, la velocidad de reacción, el campo visual, y en esta ocasión, con motivo de nuestro estudio, la agudeza estereoscópica.

Se llama estereopsis a la percepción de profundidad. Esta es una cualidad básica de la visión para las personas que realizan algún deporte, ya que necesitamos saber hacia dónde vienen y hacia dónde han de ir las pelotas, cómo mover las raquetas, evitar obstáculos mientras esquiamos, etc.

La mayoría de deportistas y entrenadores creen que el rendimiento deportivo requiere un conjunto de habilidades perceptivas, técnicas, psicológicas y físicas (González & Casáis, 2011) dentro de las cuales encontraríamos las habilidades visuales.

El estudio de la capacidad de la visión en profundidad es una de las bases para el análisis de las habilidades visuales, ya que Santos et al. (1986) afirman que un valor de estereoagudeza normal excluye supresiones, ambliopía o heterotropías y que unos resultados de estereopsis anormales pueden indicar la presencia de alguna de estas anomalías.

Teniendo en cuenta toda la bibliografía consultada, realizamos este estudio para evaluar, analizar y comparar la estereopsis en una muestra de deportistas de élite de Centro de Alto Rendimiento de Sant Cugat del Vallès entre diferentes modalidades y respecto a la población sedentaria.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ESTEREOPSIS

La estereopsis se define como la apreciación relativa de la profundidad debido a una disparidad retinal. Dicha mínima disparidad retiniana percibida es la llamada estereoagudeza (Camacho, Guerrero Vargas & Vecilla, 2010).

La visión estereoscópica es una cualidad de nuestro sistema visual esencial para calcular y estimar distancias (Rodríguez et al, 2012), un hecho muy importante a la hora de hacer actividades tanto domésticas como físicas, realizando un deporte por ejemplo. El hecho de coger una pelota, saber a qué distancia se encuentra, a qué velocidad se dirige, etc es una información imprescindible en especial para los deportistas.

La estereopsis se mide en segundos de arco y mientras menor sea el valor, mejor será la estereoagudeza, la percepción de profundidad. Este fenómeno es debido a que las personas tenemos dos ojos en distintas posiciones y esto provoca que cada una de las imágenes que recibimos por parte de cada ojo sea ligeramente diferente debido a que las vemos desde ángulos diferentes.

Estas dos imágenes, si todas las vías visuales están en correcto estado, llegan al cerebro y éste las fusiona en una sola imagen tridimensional que nos da la percepción de profundidad.

Dentro de las habilidades visuales encontramos la estereopsis como el grado más alto de binocularidad. Para tener visión estereoscópica, antes debemos cumplir otros requisitos:

- Primer grado: percepción simultánea.
- Segundo grado: fusión.
- Tercer grado: estereopsis.

A continuación explicaremos brevemente en que consiste cada una de estos niveles de la visión binocular sensorialmente. Sin embargo antes de estas fases se deben dar tres condiciones: integridad anatómica (todas las estructuras del sistema visual han de funcionar

perfectamente: retina, nervios, vía visual, etc.), coordinación motriz (alineación de los ejes visuales) e integridad sensorial.

- ♦ Percepción simultánea: Capacidad de percibir los estímulos que se proyectan a los dos ojos a la vez.
- ♦ Fusión: hay dos tipos de fusión, la sensorial y la motriz. La fusión sensorial es la integración de dos imágenes (una en cada retina) similares en cuanto a medida, forma e intensidad. Esta requiere una fusión motriz que permita alinear los ejes oculares.
- ♦ Estereopsis: visión de profundidad.

Los diferentes grados de visión binocular se pueden evaluar con diversos métodos.

En este caso vamos a explicar las diversas pruebas diagnósticas que podemos utilizar para evaluar el máximo de sensibilidad: la estereopsis, y más concretamente, el test de Titmus-Wirt, que es el que hemos utilizado para realizar este estudio de la estereopsis en los deportistas.

Clasificación de los test de estereopsis:

- Estereogramas de puntos al azar: RDE, Randot, Lang, TNO
- Profundidad real: Frisby
- Desplazamiento o contorno: Titmus-wirt

También es importante conocer las condiciones antes de realizar estos exámenes: hacerlos generalmente a 40 cm, con el paciente usando su mejor corrección refractiva y una buena iluminación.

La estereopsis también puede evaluarse en visión lejana, por ejemplo con los filtros polarizados y un optotipo en el proyector basado en unas líneas verticales separadas por un punto en medio donde las líneas se han de ver más próximas y el punto más alejado, pero en nuestro caso únicamente realizaremos la medida en visión próxima.

Test RDE: test de puntos al azar con filtros polarizados. Se presentan dos tarjetas y el paciente ha de decir en cuál de las dos ve una E en



relieve a través de las gafas polarizadas. La presentación se ha de hacer en diferentes distancias hasta llegar al valor máximo de estereopsis.

Test de Lang: test de puntos al azar sin filtro polarizado. Se presentan láminas con figuras que se han de ver con relieve pero este test solo permite medir valores hasta 200", no es muy representativo.

Test Randot: test de puntos al azar y contornos con filtros polarizados. Es una versión modificada de los círculos de Wirt, las figuras de animales y unas figuras geométricas. Se presenta a 40 cm.

Test TNO: test de puntos al azar y filtros anaglíficos para disociar las imágenes de cada ojo. Se presenta a 40 cm y consiste en un test de supresión y tres láminas cuantitativas donde se requiere el reconocimiento de la orientación de la forma en profundidad de un círculo al que le falta un fragmento.

Test Frisby: test de profundidad real que consiste en tres láminas transparentes de metacrilato de diferente grosor que tienen dibujados cuatro cuadrados con pequeñas formas geométricas que hacen de puntos aleatorios donde uno de esos cuadros tiene un fragmento de puntos que está impreso en el reverso de la lámina. Las diferentes estereoagudezas se obtienen según la distancia de observación de las láminas y de su grosor.

Test Titmus-Wirt: test de contorno lineal con filtros polarizados. Está compuesto por una mosca, los círculos de Wirt y figuras de animales. Se sitúa a 40 cm y se requieren unos filtros polarizados. Estos tres estereogramas diferentes nos ayudan a obtener el valor de estereopsis:

- El test de la mosca se suele usar como una demostración de que hay estereopsis pidiéndole al paciente que intente coger las alas de la mosca.
- El test de los círculos de Wirt, donde el paciente ha de indicar cuál

de los cuatro círculos que hay en cada uno de los nueve rombos es el que se observa con profundidad.

- El test de las figuras de los animales, que consiste en tres filas donde en cada una de ellas hay cinco imágenes de diferentes animales donde uno de ellos tiene una disparidad que provoca que se vea en relieve.

Los valores de normalidad de la estereopsis según algunos autores anteriores es de 40" de arco para adultos, aunque este valor óptimo fue medido con test de estereopsis anteriores al nuestro donde 40" era el valor máximo (Borrás et al., 1998). Aunque Read (2014) sugiere que la visión estereoscópica humana es tan precisa que es capaz de discriminar disparidades binoculares tan pequeñas como 2" de arco.

## 2.2. VISIÓN Y DEPORTE

La importancia de una buena visión en la práctica del deporte y su papel en la ejecución de movimientos precisos en la actividad física es indudable y el grado de participación de la visión va a depender de la modalidad y del entorno donde éste se lleve a cabo (Rodríguez, Gallego & Zarco, 2010).

Las habilidades visuales son uno de los pilares principales de las habilidades de los atletas y pueden influir en su rendimiento (Seyed et al, 2016). En la mayoría de deportes hay una gran implicación de la visión y se dice que actualmente se puede mejorar el rendimiento deportivo estableciendo un plan de ejercicios visuales específicos para cada deporte, dependiendo de las necesidades visuales de cada uno. Gilman y Getman (1984) apoyan esta afirmación defendiendo que las diferencias entre modalidades deportivas son debidas a que el sistema visual se adapta al tipo de actividad que realiza.

La atención y el tiempo de reacción son habilidades básicas necesarias para los deportistas en el campo de juego, ya que de ello depende su actuación. Los jugadores han de ser capaces de prestar atención a los estímulos que se producen en su entorno, captar únicamente la información relevante discriminando con exactitud y ser capaces de reaccionar rápidamente frente a ellos (González & Casáis, 2011).

Los deportistas con experiencia cometen menos errores en tareas de atención durante el juego y tienen menores tiempos de reacción a estímulos periféricos en comparación con personas sin experiencia deportiva (González & Casáis, 2011).

Para cualquier deportista es importante organizar la información, reconocer estímulos y ejecutar respuestas en un tiempo determinado y a este fenómeno se le llama percepción (Moreno et al., 2003). En este caso se demuestra que los expertos son capaces de aprovechar mejor sus habilidades perceptivas.

### 2.3. NECESIDADES DE ESTEREOPSIS EN EL DEPORTE

Todo deporte requiere unas habilidades visuales específicas (Seyed et al, 2016). Dependiendo de la modalidad, estas necesidades varían, aunque consideramos que la visión en profundidad es un grado de habilidad requerido en todos los ámbitos en menor o mayor medida.

Como ya hemos dicho anteriormente, la estereopsis es el máximo grado de visión binocular. La exigencia de esta visión binocular y en consecuencia la agudeza estereoscópica va a variar entre los distintos grupos deportivos. En modalidades donde se utilizan pelotas como tenis, béisbol y fútbol o deportes como el boxeo hay una elevada exigencia de estereopsis pero en otros como la natación o atletismo, son más importantes otras habilidades visuales como una buena agudeza visual estática (Rodríguez, Gallego & Zarco, 2010).

El desarrollo de la capacidad visuo-espacial en especial de la profundidad, y los grados de exploración del campo visual proporcionan a los deportistas una noción de orientación espacial más precisa.

Un estudio sobre la estereopsis (Bauer et al, 2001) analiza la estereoagudeza y la agudeza monocular en pilotos midiendo el efecto de la percepción de profundidad y concluye que las personas que tienen buena estereopsis, binocularmente miden las distancias de una manera más exacta pero al hacerlo monocularmente estas distancias son mucho menos precisas que las de las personas que no tienen estereopsis. Así, las personas que no tienen estereopsis utilizarían claves monoculares. Estas claves son referencias que utilizan, tales como sombras, medidas relativas de objetos, contraste, perspectiva, superposición de objetos, etc. (Urtubia, 1997).

### 3. OBJETIVOS

- Analizar la estereopsis de una muestra de deportistas de élite de diversas disciplinas.
- Comparar los valores de estereopsis entre los deportistas de élite y la población sedentaria.
- Comparar los valores de estereopsis entre diferentes modalidades deportivas.

## 4. HIPÓTESIS

- Los valores de estereopsis obtenidos en los deportistas de élite serán más bajos (mejores) que en la población sedentaria (Colomer, 2015).
- Los deportistas de disciplinas con mayor requerimiento de visión en profundidad tendrán mejor estereopsis (Rodríguez, Gallego & Zarco, 2010).



## 5. MÉTODO

### 5.1. PARTICIPANTES

En este estudio de la estereoagudeza en deportistas de élite participaron 69 jóvenes entre 9 y 29 años de 3 modalidades diferentes de deporte: 17 jugadores de tenis, 24 jugadores de natación y 28 jugadores de waterpolo que provienen del CAR (Centro de Alto Rendimiento) de Sant Cugat del Vallès (Barcelona).

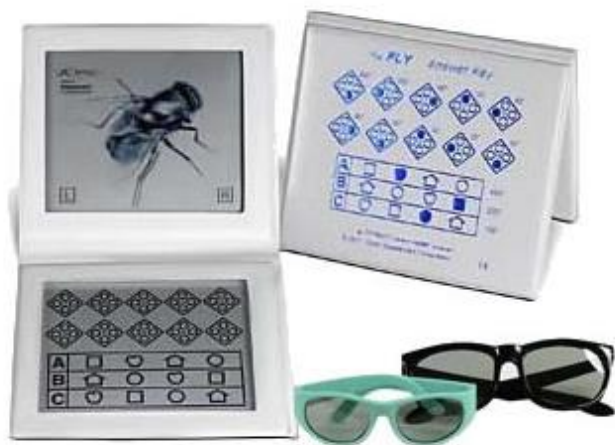
De los 69 participantes, 36 fueron mujeres (52,17%) y 33 fueron hombres (47,83%).

En tenis fueron 7 mujeres (41,18%) y 10 hombres (58,82%) y tuvieron una media de edad de 15,8 años con una desviación estándar de edad de  $19 \pm 10$  años.

En la modalidad de natación hubo más participantes, 14 de los cuales fueron mujeres (58,33%) y 10 fueron hombres (41,66%). La media de edad de estos participantes fue de 16,8 años con una desviación estándar de  $20,5 \pm 6,5$  años.

Y por último en waterpolo participaron 15 mujeres (53,57%) y 13 hombres (46,43%) con una media de edad de 14,8 años y una desviación estándar de  $15 \pm 2$  años.

## 5.2. MATERIAL



El test de estereopsis utilizado en nuestro estudio es uno de los nuevos modelos que consta de valores de medida desde los 3000" de arco de la mosca hasta los 12,5" de arco en el último de los círculos de Wirt.

Se trata de una prueba basada en anáglifos, que son imágenes que intentan reproducir la disparidad binocular desplazando una de las imágenes respecto a la otra una cierta distancia. Se ven con visión dissociada gracias a los filtros polarizados y cada una de ellas estimula una de las retinas con una ligera disparidad binocular que provocará la sensación de profundidad.

### 5.3. PROCEDIMIENTO

En este estudio evaluamos la agudeza estereoscópica de cada paciente con el test de Titmus-Wirt y según su modalidad deportiva, el sexo, la edad y la agudeza visual medida.

Antes de realizar esta prueba, se hizo una pequeña anamnesis donde se anotó la edad y sexo del participante, la modalidad deportiva, la corrección refractiva y si existía o no algún síntoma. Después se tomaron las agudezas visuales de los 69 participantes.

La agudeza visual es la capacidad de resolución del ojo que permite reconocer y discriminar los detalles pequeños (Borràs et al., 2001).

Se presentó el optotipo de letras en visión lejana (a 6 metros) y se midió la AV binocularmente y monocularmente, tapando un ojo y después el otro. Se anotó el valor de AV, la última línea donde el paciente fue capaz de discriminar las letras.

La medida de la AV es una prueba determinante para tener información de la calidad de visión de una persona. Una mala agudeza visual puede comprometer la visión binocular y por consecuencia la estereopsis.

Seguidamente realizamos la prueba de estereopsis. El paciente ha de ponerse las gafas polarizadas. Se presenta el test de Titmus-Wirt en visión próxima a una distancia de 40 cm con buena iluminación. La prueba consiste en identificar en cada una de las figuras que se presentan, cuál de ellas se percibe en relieve.

El test consta de tres clases de figuras diferentes: la primera figura es la imagen de una mosca, que sirve principalmente para valorar si el sujeto tiene o no estereopsis comprobando si ve o no las alas de la mosca en relieve. El segundo grupo de figuras es el de los animales, donde se evalúa la estereopsis gruesa mediante la elección del dibujo de animal que la persona perciba en relieve. Y por último encontramos el estereograma de los círculos donde se valora la estereopsis más fina que va desde los 400" hasta los 12,5" de arco.

<b>Estereograma círculos</b>	nivel 1	400" arco
	nivel 2	200" arco
	nivel 3	160" arco
	nivel 4	100" arco
	nivel 5	63" arco
	nivel 6	50" arco
	nivel 7	40" arco
	nivel 8	32" arco
	nivel 9	25" arco
	nivel 10	20" arco
	nivel 11	16" arco
	nivel 12	12,5" arco

**Tabla 1.** Equivalencia en segundos de arco de los diferentes niveles estereoscópicos en el test de Titmus-Wirt.

El resultado de estereoagudeza corresponde al último grupo de figuras que la persona identifica correctamente antes de fallar dos veces seguidas y se anota el valor en segundos de arco.

#### 5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

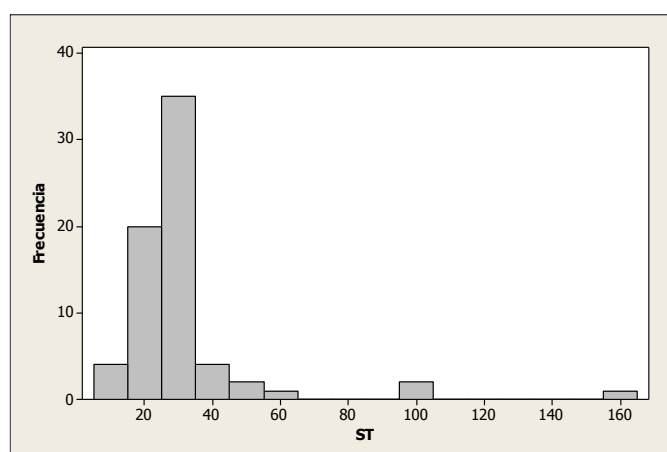
Los datos fueron registrados mediante hoja Excel y analizados con el programa estadístico Stata 14.

## 6. RESULTADOS

En primer lugar presentamos la tabla 2 con la estadística descriptiva de los datos obtenidos para toda la muestra de deportistas y la gráfica 1 con la frecuencia de los diferentes valores de estereopsis:

	MEDIA	DS	MÍN	MÁX
EDAD	15,75	3,02	9	29
AV	1,1	0,18	0,6	1,5
ST	30,14"	22,26"	12,5"	160"

**Tabla 2.** Estadística descriptiva de la muestra global de deportistas en las variables edad, AV y estereopsis.



**Gráfica 1.** Frecuencias de los diferentes valores de estereopsis de toda la muestra de deportistas.

A continuació presentamos los resultados estadísticos obtenidos para cada disciplina deportiva analizada para las variables de edad, agudeza visual y estereopsis:

TENIS	MEDIA	DS	MÁX	MÍN
EDAD	15,8	4,5	29	9
AV	1,17	0,19	1,5	0,8
ST	34,2"	33,6"	160"	12,5"

**Tabla 3.** Estadística descriptiva de los jugadores de tenis para las variables edad, AV y estereopsis.

NATACIÓN	MEDIA	DS	MÁX	MÍN
EDAD	16,8	3,02	27	14
AV	1,08	0,16	1,2	0,7
ST	28,7"	17,5"	100"	12,5"

**Tabla 4.** Estadística descriptiva de los jugadores de natación para las variables edad, AV y estereopsis.

WATERPOLO	MEDIA	DS	MÁX	MÍN
EDAD	14,8	1,2	17	13
AV	1,1	0,19	1,5	0,6
ST	28,9"	17,5"	100"	12,5"

**Tabla 5.** Estadística descriptiva de los jugadores de waterpolo para las variables edad, AV y estereopsis.



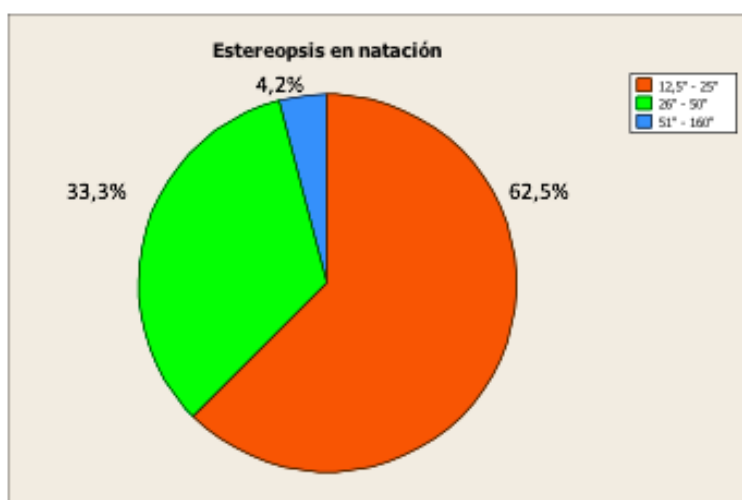
A continuació presentamos las gráficas representativas de los resultados de estereopsis en las modalidades deportiva:



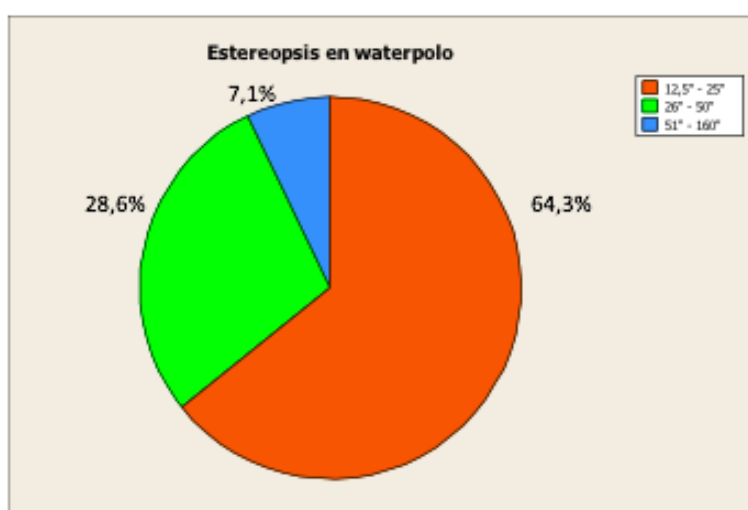
**Gráfica 2.** Estadística descriptiva de estereopsis de toda la muestra de deportistas divididos en 3 grupos: estereopsis fina (12,5"-25"), estereopsis media (26"-50") y estereopsis gruesa (51"-160").



**Gráfica 3.** Estadística descriptiva de estereopsis de los jugadores de tenis divididos en 3 grupos: estereopsis fina (12,5"-25"), estereopsis media (26"-50") y estereopsis gruesa (51"-160").



**Gràfica 4.** Estadística descriptiva de estereopsis de los nadadores divididos en 3 grupos: estereopsis fina (12,5"-25"), estereopsis media (26"-50") y estereopsis gruesa (51"-160").



**Gràfica 5.** Estadística descriptiva de estereopsis de los jugadores de waterpolo divididos en 3 grupos: estereopsis fina (12,5"-25"), estereopsis media (26"-50") y estereopsis gruesa (51"-160").

Por último se realizó un análisis de varianza de un factor (deporte) para comparar los tres grupos de deportistas con referencia a la AV y a la estereopsis. Para examinar el origen de las diferencias se realiza un contraste a posteriori de Bonferroni.

En el caso de la AV obtenemos como resultados un valor  $F=1,31$  y un valor  $p=0,2764$  que nos indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre deportes.

Para la estereopsis obtenemos los valores de  $F=0,36$  y  $p=0,6965$  que indican que tampoco existen diferencias estadísticamente significativas de estereopsis entre deportes.

## 7. DISCUSIÓN

Una vez representados los resultados obtenidos, vamos a proceder a analizarlos y compararlos con la literatura especializada.

En la estadística descriptiva global de toda la muestra de deportistas podemos observar que los resultados tanto de AV como de estereopsis son bastante estándar, con una media de AV = 1,1 y un valor de estereopsis de 30,14" de arco.

Según la estadística global donde encontramos los resultados de estereopsis de los 69 participantes podemos observar que la mayor parte de deportistas, un 62,3% tienen una buena estereoagudeza con valores entre 12,5" y 25" de arco. El resto de deportistas tienen unos valores de estereopsis más elevada y por consecuencia, peor visión de la profundidad: un 31,9% tienen entre 26" y 50" de arco y solo un 5,8% tienen entre 51" y 160" de arco.

Como podemos observar en las gráficas descriptivas de cada modalidad, los valores de estereopsis son muy parecidos y no hemos encontrado diferencias estadísticas significativas de estereoagudeza entre los diferentes deportes.

Intentando encontrar razones por las cuales hemos obtenido estos resultados en nuestro estudio, podemos considerar ciertos datos concluyentes a la hora de relacionar los valores entre las tres disciplinas. El hecho de que en la modalidad de tenis el valor máximo de estereoagudeza lo obtuvo un participante con 160" de arco, suceso que no pasa en las modalidades de natación y waterpolo donde el valor más elevado fue de 100" de arco, provoca un aumento de la media de estereopsis en el grupo.

Aunque aún existan pocos estudios sobre la estereopsis tanto en la visión de los deportistas como en la de las personas sedentarias, Colomer (2015) nos muestra una investigación sobre la agudeza estereoscópica a dos grupos de participantes: por una parte 100

deportistas de élite y por otra 100 personas que nunca habían estado federadas ni practicaban deporte frecuentemente. Como conclusión, los deportistas expertos poseen una mejor estereopsis con una media de 25,6" de arco frente al grupo personas sedentarias con 31,6" de arco. En comparación con los resultados que hemos obtenido en nuestro estudio, los valores de estereopsis en deportistas son más parecidos a los de las personas sedentarias de el estudio anteriormente mencionado. Esto puede ser debido a que en los tres grupos de nuestra investigación había entre una y tres personas que tenían una baja agudeza visual y eso provocaba que tuvieran una peor estereopsis.

En otro estudio de Palomino (2014) sobre anomalías refractivas y binoculares en 72 adolescentes entre 12 y 16 años con problemas de aprendizaje se obtuvieron como resultados que el 17% de los jóvenes tuvieron una estereopsis de 480" de arco, el 46% llegaron a valores de 120" de arco o menos y el 37% tuvo resultados por debajo de los 60" de arco y únicamente el 18% de los jóvenes practicaba deporte. Basándonos en que ninguno de los participantes de este estudio era deportista de élite y por la semejanza de edad media con nuestra investigación, podemos decir que los jóvenes sedentarios tienen peor estereopsis que los deportistas, aunque no son comparaciones muy fiables, dado que en el estudio mencionado, los participantes tenían problemas de aprendizaje y, por consecuencia, seguramente de visión, por bajas agudezas visuales, por no hacer las pruebas con la mejor corrección o por otros motivos.

También podemos rechazar una de nuestras hipótesis en la que suponemos que los deportistas de disciplinas con mayor requerimiento de visión en profundidad tendrán mejor estereopsis. Considerando que la natación es la modalidad deportiva dentro de las tres estudiadas que requiere menos visión en profundidad es de la que obtenemos mejores agudezas estereoscópicas con una media de 28,7" de arco frente a los 28,9" de los jugadores de waterpolo y los 34,2" de arco de los participantes jugadores de tenis (Rodríguez,

Gallego & Zarco, 2010). Aunque esto es debido a que uno de los jugadores de tenis tenía una baja AV y baja estereopsis que provocó que la media de estereopsis de esta modalidad fuera un valor más elevado.

El estudio de estereopsis de García (2012) determina un valor medio de 30" de arco en 105 estudiantes con edades comprendidas entre los 11 y los 14 años. Comparando esta media con la de nuestros participantes podemos decir que es bastante similar, a pesar de ser deportistas de élite (30,14" de arco).

Biddle, Hamid & Ali (2014) evaluaron la estereopsis a 66 cirujanos obteniendo una media de 40" de arco en el test de Titmus, 30" de arco en el test TNO y 20" de arco en el test de Frisby. Suponemos que los valores en el test de Titmus y TNO son más elevados porque dichos test tienen limitación en estos valores. Se demuestra entonces que los deportistas de nuestro estudio tienen una peor media de estereopsis que los participantes (suponemos sedentarios) de esta investigación.



## 8. CONCLUSIONES

- No existen diferencias estadísticamente significativas de los valores de estereopsis entre las modalidades de tenis, natación y waterpolo.
- Los jugadores de deportes en los que se utiliza pelota no tienen mejor estereopsis que los demás.
- No existen diferencias clínicamente significativas entre la estereopsis en los deportistas que han participado en nuestro estudio y las personas sedentarias de otras investigaciones.

## 9. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

Alvis-Gómez K & Pulzara-Tiara A. (2013). Discriminación auditiva, exploración visual y desarrollo del esquema corporal y espacial en tenistas y no practicantes de deporte. *Studylib*.

Bauer A, Dietz K, Kolling G, Hart W & Schiefer U (2001). The relevance of stereopsis for motorists: a pilot study. *Springer-Verlag*.

Biddle M, Hamid S, Ali N. (2014). An evaluation of stereoacuity (3D vision) in practising surgeons across a range of surgical specialities. *The Surgeon*.

Borràs MR, Ondategui JC, Pacheco M, Varón MC, Sánchez E, Gispets J. (1998). Visión binocular: diagnóstico y tratamiento. *Ediciones UPC*.

Borràs MR, Castañé M, Ondategui JC, Peris E, Pacheco M, Sánchez E, Varón C. (2001). Optometría. Manual de exámenes clínicos. *Edicions Alfaomega*.

Buys JHC and Ferreira JT (2010). The development of norms and protocols in sports vision evaluations. *Sport Afr Optom*. 69(1):21–8.

Camacho M, Guerrero Vargas JJ & Vecilla M (2010). Evaluación sensorial. *Imagen óptica*.

Garcia A. (2012). Relación entre la binocularidad y el rendimiento escolar. *Trabajo Final de Máster*.

Gilman G, Getman GN. (1984). What is Behavioral Optometry?. *Journal of the American Optometric Association*.

González I & Casáis L. (2011) Comparación de la atención visual y campo visual en deportistas en función del nivel de pericia. *Revista internacional de ciencias del deporte*.

Moreno FJ, Del campo VL, Reina R, Ávila F, Sabido R. (2003). Las estrategias de búsqueda visual seguidas por los deportistas y su relación con la anticipación en el deporte. *Cuadernos de psicología del deporte*.

Palmi, J (2007). Visión y deporte: el porqué de un monográfico. *Apunts educació física i esports*.

Palomino López, L. (2014). Anomalías refractadas y binoculares en adolescentes con bajo rendimiento académico. *Gaceta artículo científico*.

Read JC. (2015) Stereo vision and strabismus. *Eye*.

Rodríguez RJ, Jiménez JR, Anera RG & Pozo AM.(2012). Importancia de la estereopsis en la vida cotidiana. *Gaceta óptica*.

Rodríguez V, Gallego I, Zarco D. (2010). Visión y deporte. *Editorial Glosa*.

Santos L, González F, Gómez-Ulla F, Durán J, Cape M<sup>a</sup>C. (1986). Estudio de la visión estereoscópica mediante el test de TNO en sujetos con hemianopsia bitemporal postraumática.

Sayed FM, Amiri MA, Naderifar H, Rakhshi E, Vakilian B, Ashrafi E & Behesht-Nejad AH (2016). Vision examination protocol for archery athletes along with an introduction to sports vision. *Asian J Sports Med*.

Urtubia C. (1997). Neurobiología de la visión binocular y estereoscópica. *Neurobiología de la visión*.

Vila-Maldonado S, García LM & Contreras OR. (2012). The research of the visual behaviour from the cognitive perceptual focus and the decision making in sports. *Journal of Sport and Health Research*.